Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science
Région de la capitale nationale
Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2013/050

EFFETS POTENTIELS ENTOURANT L'IMPORTATION DE SAUMONS DE L'ATLANTIQUE D'ÉLEVAGE D'ORIGINE EUROPÉENNE SUR LES POPULATIONS ET LES HABITATS DU SAUMON DE L'ATLANTIQUE À TERRE-NEUVE

Aquaculture au moyen de parcs en filet le long de la côte sud de Terre-Neuve (référence photographique : C. Hendry, MPO).

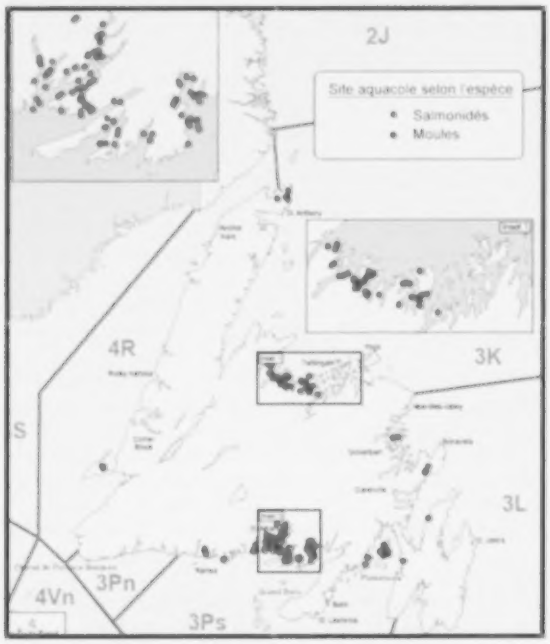

Figure 1. Emplacement des sites marins d'aquaculture du saumon de l'Atlantique et cours d'eau adjacents le long de la côte sud de Terre-Neuve (encadré 2).

Contexte

*L'industrie de l'aquaculture de poissons au Canada a manifesté un intérêt envers l'accès à d'autres stocks de géniteurs de saumons de l'Atlantique (*Salmo salar*) pour tenter d'accroître la capacité concurrentielle de l'industrie aquacole canadienne. Deux entreprises de la côte est du Canada ont demandé à Pêches et Océans Canada (MPO) l'autorisation d'importer de petits nombres de saumons de l'Atlantique d'origine norvégienne et élevés dans une installation islandaise afin de mener des essais de rendement dans des cages en filet en mer. Ces entreprises souhaitent étudier si cette souche étrangère a un potentiel de rendement accru dans les conditions de Terre-Neuve par rapport au rendement actuel des poissons d'origine canadienne. Ces demandes ont été rejetées auparavant, en partie à cause de l'incertitude entourant la croissance, la survie et la reproduction des fugitifs potentiels des établissements aquacoles dans les cours d'eau de Terre-Neuve. On a conclu que ce niveau élevé d'incertitude empêchait de déterminer le niveau des risques écologiques et génétiques que les évasions potentielles peuvent représenter pour les saumons de l'Atlantique sauvages et leur habitat. Il est nécessaire de caractériser davantage et de mieux comprendre ces risques afin d'éclairer la gestion sur les politiques ou*

la prise de décisions ainsi que les mesures d'atténuation potentielles qui pourraient modifier les profils de risques concernant les avis relatifs aux futures demandes similaires.

Le Code national sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques du Canada exige qu'une évaluation des risques soit menée lors de l'évaluation des demandes d'introduction ou de transfert de poissons. La Direction de la gestion des opérations de l'aquaculture demande que soit formulé un avis scientifique afin d'éclairer l'évaluation des risques et les décisions en matière de gestion des risques concernant les demandes d'importation et d'utilisation de stocks de géniteurs de saumon de l'Atlantique d'origine européenne dans le cadre de l'élevage du saumon à Terre-Neuve.

Le présent avis scientifique découle de la réunion du 26 au 28 mars 2013 portant sur les effets potentiels entourant l'importation du saumon de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne sur les populations et les habitats du saumon de l'Atlantique à Terre-Neuve. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

SOMMAIRE

- Le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) présente une grande diversité génétique et une importante variation dans les caractéristiques de son cycle biologique. Les populations européennes et nord-américaines de saumon ont divergé il y a environ 500 000 ans, et la divergence génétique en découlant est considérable, comme le démontrent les différences dans le nombre et la structure de leurs chromosomes. Il existe également une divergence phénotypique et génétique entre le saumon de Terre-Neuve et le saumon des eaux intérieures de l'Amérique du Nord, y compris les populations du fleuve Saint-Jean, qui constitue la principale source de souches utilisées par l'industrie aquacole de Terre-Neuve. En raison de leur sélection et domestication intensives, les saumons d'élevage sont génétiquement distincts des populations sauvages.

- Les populations de saumon indigènes à Terre-Neuve-et-Labrador, généralement petites, sont caractérisées par une grande diversité de phénotypes anadromes et non anadromes qui se sont adaptés aux conditions environnementales uniques des habitats fluviaux (cours d'eau) et lacustres (lacs). De récents examens des tendances relatives au nombre de géniteurs parvenus aux frayères pour les stocks de la côte sud de Terre-Neuve-et-Labrador donnent des estimations moyennes des déclins des populations de 40 % au cours des trois dernières générations (COSEPAC, 2010; MPO, 2012).

- Les souches de saumon de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne peuvent se reproduire avec le saumon de l'Atlantique sauvage dans toute l'aire de répartition de ce dernier. On s'attend à ce que les saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne qui s'échappent réussissent à se reproduire avec les saumons de l'Atlantique sauvages de Terre-Neuve.

- Cela pourrait avoir des répercussions considérables sur les plans génétique et phénotypique pour les populations indigènes si elles se reproduisaient avec des saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne (effets génétiques directs). Même s'il est difficile de prévoir les conséquences génétiques et phénotypiques, le croisement de ces deux populations entraînerait probablement une réduction de la diversité génétique parmi les populations et une diminution de la valeur sélective au sein des populations, ce qui aurait des répercussions sur les caractéristiques, l'abondance et la viabilité des populations indigènes de Terre-Neuve.

- Ces risques seraient proportionnels à la fréquence des évasions et au nombre de fugitifs par rapport à la taille et à l'état des populations indigènes qui seraient susceptibles de se reproduire avec eux. La capacité des fugitifs à survivre et à se reproduire avec succès avec des saumons de l'Atlantique sauvages est fonction du stade du cycle biologique (taille) des fugitifs, de leur genre, du temps passé dans l'environnement d'élevage, de la période de l'année (saison) à laquelle les poissons se sont échappés, de leur maturité et du moment où ils arrivent dans l'eau douce.

- Les conséquences sur la valeur sélective d'un nombre donné de croisements sur plusieurs générations peuvent varier selon que les croisements sont continus ou épisodiques.

- Les effets génétiques indirects (c.-à-d., les changements génétiques qui n'ont pas lieu à cause des croisements, mais plutôt les changements dans l'environnement qui sont ressentis par les organismes) ont été documentés en ce qui concerne les salmonidés. De tels changements environnementaux peuvent se produire suite à l'arrivée de saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne dans les cages en filet, que des poissons d'élevage s'échappent ou non. Cet effet peut entraîner une réduction de la diversité génétique adaptative et modifier la survie et la reproduction des populations indigènes, mais il faudrait mieux comprendre la nature et l'ampleur des effets génétiques indirects.

- Les saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne qui s'échappent peuvent aussi représenter des menaces écologiques pour les populations indigènes. Il pourrait y avoir une compétition entre les saumons de l'Atlantique juvéniles indigènes et ceux provenant de souches d'élevage dans les habitats d'eau douce en raison des contraintes en matière d'espace ainsi que des caractéristiques associées aux souches d'élevage, comme la croissance rapide, la grande taille selon l'âge et le comportement agressif. Il ne devrait pas y avoir de compétition dans le milieu marin. Une compétition entre ces deux types de poisson pourrait aussi se produire aux lieux de frai. Dans la mesure où ces interactions se produisent, elles devraient entraîner une diminution de la valeur sélective chez les populations indigènes.

- Grâce à des améliorations technologiques et opérationnelles, on a observé une réduction considérable du nombre de saumons de l'Atlantique d'élevage fugitifs étant signalés dans plusieurs régions, comme le Maine et la Norvège, où il faut suivre des normes opérationnelles et mener des vérifications indépendantes des sites et de l'équipement depuis 2006.

- Bien que le nombre de fugitifs ait diminué en Norvège au cours de la dernière décennie, la proportion de fugitifs dans les cours d'eau par rapport aux saumons sauvages en montaison est demeurée relativement constante (Norwegian Institute for Nature Research 2011). La proportion de saumons de l'Atlantique fugitifs dans les cours d'eau par rapport aux saumons de l'Atlantique en montaison a une incidence sur l'ampleur des conséquences génétiques et écologiques potentielles sur les populations de saumons de l'Atlantique sauvages.

- Malgré les améliorations des procédures technologiques et opérationnelles, les évasions de saumons de l'Atlantique élevés dans des cages en filet en milieu marin sont inévitables. D'après les méthodes actuelles de recapture, les tentatives pour capturer les fugitifs ne sont généralement pas fructueuses.

- Pour évaluer le succès des technologies de confinement physique et des pratiques opérationnelles afin d'atténuer les risques d'évasion, on a besoin d'information sur le nombre et la fréquence de ces événements. Il demeure difficile de détecter les poissons qui s'échappent des cages en filet, surtout en ce qui concerne les petits poissons ou les petits groupes de poissons. Les techniques utilisées par l'industrie pour estimer le nombre de poissons dans une cage en filet à un moment donné ne sont pas infaillibles, de sorte qu'il peut y avoir des écarts entre le stock de poissons, les morts signalées et le nombre de poissons récoltés. Des améliorations des outils et des techniques pour évaluer le nombre de poissons dans les cages en filet durant la croissance permettraient de mieux évaluer les évasions impliquant de petits nombres de poissons. Les évasions sont généralement liées à des dommages structurels aux cages en mer attribuables à des événements météorologiques et à des erreurs opérationnelles. Les normes, les vérifications et les formations, ainsi que l'information propre au site sont pris en compte au sein des systèmes efficaces de confinement physique.

- La seule méthode actuellement disponible pour confiner efficacement les poissons d'élevage à une échelle commerciale lors du frai est la production de femelles triploïdes seulement. L'utilisation de femelles triploïdes stériles dans le cadre de l'aquaculture du saumon de l'Atlantique réduirait considérablement la proportion de fugitifs adultes retournant dans des cours d'eau de même que la possibilité de croisement avec les stocks sauvages. Même si les saumons de l'Atlantique triploïdes peuvent avoir un bon rendement en élevage, il faudrait faire d'autres comparaisons avec des individus diploïdes afin d'évaluer le rendement en mer, la résistance aux agents pathogènes, la transmission des maladies, les effets écologiques, les coûts associés à la surveillance ainsi que les techniques d'élevage afin d'optimiser le rendement en vue d'une utilisation à l'échelle commerciale.

INTRODUCTION

L'industrie aquacole du saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) à Terre-Neuve a débuté dans le fjord de la baie d'Espoir, sur la côte sud de Terre-Neuve vers le début des années 1980 au moyen de stocks sauvages provenant de Terre-Neuve-et-Labrador. Ces stocks ont été jugés inappropriés pour la production aquacole, et les activités commerciales ont commencé avec l'importation de souches provenant du fleuve Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) en 1991. La production était modeste, affichant des récoltes annuelles augmentant à un peu plus de 1 000 t, jusqu'à ce que l'industrie s'accroisse dans la baie de Fortune en 2002 et, par après, dans les fjords de la péninsule Connaigre. La production de saumons s'est par la suite accrue à plus de 15 000 t au cours de la dernière décennie, pour un total d'environ 90 sites. Les stratégies de production des sites aquacoles sur la côte sud de Terre-Neuve comprennent une année de jachère entre les cycles de production, qui durent entre 18 et 24 mois. Toute la production de saumoneaux à Terre-Neuve-et-Labrador provient d'écloseries en système d'aquaculture en recirculation (SAR) en parc clos.

Dans un rayon de 30 km de la côte sud où est pratiquée la salmoniculture en cages en filet à Terre-Neuve se trouve l'embouchure de 35 cours d'eau, dont 13 font l'objet d'une pêche récréative au saumon. L'industrie salmonicole de Terre-Neuve souhaite importer d'Europe des saumons de l'Atlantique géniteurs. Les deux précédentes demandes d'importation ont été refusées, en partie à cause des lacunes en matière de connaissances scientifiques qui servent

à informer une estimation du risque pour les populations de saumon sauvage et leur habitat. La Direction de la gestion des opérations de l'aquaculture a demandé un avis du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) pour combler les lacunes en matière de connaissances scientifiques et éclairer toute décision concernant l'importation et l'utilisation de saumons de l'Atlantique d'origine européenne à des fins d'aquaculture à Terre-Neuve-et-Labrador.

Un comité directeur pluridisciplinaire et intersectoriel a été formé en juillet 2012 pour répondre à cette demande. Le comité directeur a élaboré le cadre de référence, défini l'échéancier, établi l'expertise, fixé le lieu de la réunion et choisi les participants. Quatre questions ont été abordées dans cinq documents de travail lors d'une réunion d'examen par les pairs en mars 2013. Voici ces questions :

1. Quelle est la probabilité que les saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne s'étant échappés se reproduisent avec succès avec des saumons sauvages indigènes? Quels risques ce croisement présente-t-il pour les populations indigènes? De quelle façon ce risque pourrait-il évoluer avec l'ampleur de l'interaction?

2. Quelles pourraient être les conséquences phénotypiques et génétiques directes et indirectes (p. ex., croissance, survie) pour les saumons de l'Atlantique indigènes si des saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne se reproduisaient avec succès entre eux ou avec des saumons de l'Atlantique indigènes?

3. Quels risques écologiques les saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne et leurs hybrides présenteraient-ils pour les populations indigènes de saumons de l'Atlantique dans les cours d'eau et les habitats marins indigènes (c.-à-d., modifications dans la compétition, transmission de maladies, reproduction, déplacement et prédation)?

4. Comment les mesures d'atténuation peuvent-elles être utilisées pour prévenir ou réduire la probabilité que des saumons de l'Atlantique d'origine européenne s'échappent des systèmes de confinement physique? Existe-t-il des mesures de bioconfinement qui pourraient fonctionner suite à une évasion pour réduire davantage la probabilité d'interaction entre les saumons échappés et les saumons sauvages indigènes? Comment ces mesures d'atténuation peuvent-elles entraîner des réductions éventuelles des risques génétiques, phénotypiques et écologiques à l'égard des populations sauvages?

La portée de l'examen par les pairs a été limitée à l'évaluation des interactions génétiques et écologiques potentielles entre les géniteurs de saumons de l'Atlantique d'origine européenne et les populations sauvages de saumon de l'Atlantique de Terre-Neuve-et-Labrador. Les données scientifiques sont limitées en ce qui concerne les interactions entre les souches de saumon de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne et les populations sauvages de saumon de l'Atlantique de Terre-Neuve-et-Labrador, mais on dispose d'un important registre de connaissances sur les interactions entre les saumons de l'Atlantique d'élevage et sauvages en Amérique du Nord et en Europe. La présente analyse est basée sur ces connaissances.

ANALYSE

Conséquences génétiques potentielles directes et indirectes

Le registre général de connaissances sur les interactions génétiques directes et indirectes (figure 2) entre les populations conspécifiques génétiquement divergentes s'est accru au cours des dix dernières années. Ces nouvelles données ont renforcé la base de connaissances pour indiquer qu'il existe un risque considérable de graves conséquences phénotypiques et génétiques pour les populations indigènes lorsqu'une population conspécifique non indigène est introduite. Même si le saumon de l'Atlantique est l'une des espèces les mieux décrites sur les plans démographique, phénotypique et génétique, cela ne suffit pas à fournir une prédiction robuste des conséquences particulières pour les populations sauvages de Terre-Neuve-et-Labrador découlant d'interactions génétiques directes et indirectes avec des souches de saumon d'élevage d'origine européenne. Néanmoins, les deux types de saumon diffèrent grandement et, en général, plus il y a divergence entre deux populations, plus graves sont les impacts négatifs associés à l'hybridation. Même si le nombre d'études sur le lien entre les souches de saumon de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne et les populations sauvages de saumon de l'Atlantique de Terre-Neuve-et-Labrador est limité, les données actuelles indiquent que les deux types de poisson divergent grandement.

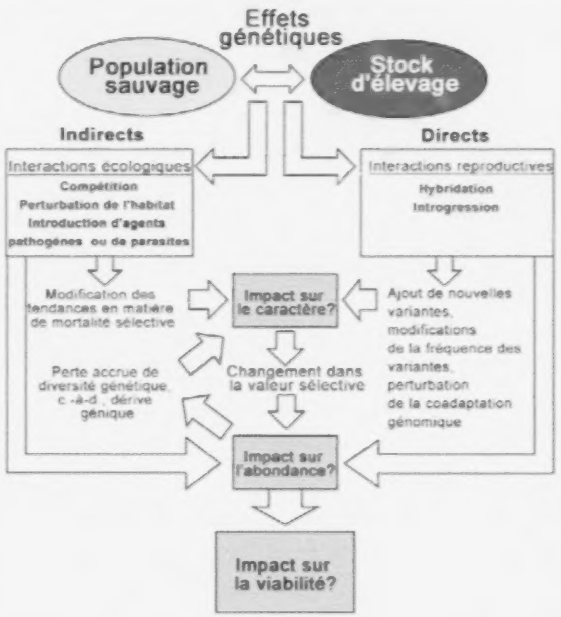

Figure 2. Schéma de la séquence des effets génétiques directs et indirects découlant des interactions entre les populations d'élevage et sauvages.

La structure génétique du saumon de l'Atlantique des populations de Terre-Neuve-et-Labrador indique une importante diversité, surtout le long de la côte sud. Cette diversité serait associée à l'adaptation locale à petite échelle et aux caractéristiques de l'habitat qui semblent rester stables au fil des décennies. Il y a une importante variation phénotypique parmi les populations locales. Les populations de saumon non anadrome à Terre-Neuve affichent une variation comportementale considérable dans leurs habitudes de migration et le temps qu'elles passent en eau douce. Les populations de saumon anadrome à Terre-Neuve affichent des différences phénotypiques dans les caractéristiques de leur cycle biologique (p. ex., longueur des saumoneaux, âge des saumoneaux, survie des œufs jusqu'au stade de saumoneau, taille à la maturité).

Les impacts directs des saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne qui se sont échappés sur la génétique se produiront lorsque des poissons matures se reproduiront avec les poissons sauvages. On peut s'attendre à des croisements, mais il est difficile de prévoir dans quelle mesure ils se produiront. Les croisements peuvent entraîner des

réductions de la taille des populations, une perte non spécifique de la diversité adaptative et non adaptative, de même que l'introgression de nouvelles variantes génétiques liées à l'adaptation, la modification de gènes existant ou de la fréquence génotypique ou, encore, la perturbation de la structure génomique coadaptative. On peut s'attendre à ce que le rendement du saumon de l'Atlantique d'origine européenne pure et de sa progéniture hybride puisse diminuer considérablement par rapport aux populations sauvages, mais l'ampleur de cette diminution de la valeur sélective demeure inconnue et ne peut pas faire l'objet de prévisions si l'on n'obtient pas de nouvelles données. Ce rendement est aussi fonction des conditions écologiques, du nombre de croisements et de l'état démographique (c.-à-d., taille et état) des populations sauvages concernées. Les conséquences à l'échelle de la population découlant des impacts génétiques directs seront fonction de la portée des interactions reproductives et de la valeur sélective de la progéniture hybride.

Les poissons d'élevage gardés dans des cages en filet en eau douce ou marine sont susceptibles d'avoir des impacts génétiques indirects associés à la libération de souches exotiques d'agents pathogènes ou de parasites, ou à l'accroissement de l'incidence des agents pathogènes ou des parasites indigènes. Lorsque ces situations mènent à une mortalité accrue ou sélective, elles peuvent modifier la fréquence génique chez les populations sauvages, et donc compromettre la capacité d'une population sauvage à s'adapter aux changements environnementaux à long terme. Le risque associé à la libération de souches exotiques d'agents pathogènes et de parasites est actuellement atténué par des exigences réglementaires concernant le statut des maladies pour les souches introduites; toutefois, le manque de connaissances sur l'adaptation locale des populations de saumons sauvages aux agents pathogènes et aux parasites de même que la variation de la virulence des agents pathogènes et des parasites empêchent de prévoir le risque lié à l'utilisation de souches de saumon de l'Atlantique d'origine européenne. Il faudrait étudier davantage l'étendue complète des effets génétiques indirects, mais certains niveaux d'impacts génétiques indirects auront certainement lieu lorsque des saumons de l'Atlantique d'origine européenne seront élevés dans des cages en filet, que ce soit dans l'eau douce (juvéniles) ou dans l'eau salée (post-saumoneaux et adultes).

Même si l'on peut s'attendre à ce que les saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne soient relativement mal adaptés aux conditions environnementales de Terre-Neuve-et-Labrador, on peut s'attendre à ce qu'une partie des poissons s'échappant des cages marines survivent, atteignent la maturité, puis se rendent dans des cours d'eau pour frayer. Ces poissons sont susceptibles d'interférer avec la reproduction des poissons sauvages, réduisant ainsi le succès du frai, et la progéniture des fugitifs qui frayeront avec succès entrera en compétition avec les juvéniles sauvages. Ces deux processus peuvent modifier les pressions sélectives, changer la fréquence génique ou diminuer l'abondance des poissons sauvages, ce qui augmenterait la perte de variation par la dérive génique. Dans l'ensemble, les études de modélisation sont axées sur les effets génétiques découlant de rares croisements d'un grand nombre de fugitifs avec une population sauvage par rapport à petits nombres de fugitifs frayant avec succès de façon continue (annuellement). Ces modèles indiquent que les effets cumulatifs d'un faible taux de croisement constant peuvent avoir différentes conséquences sur la valeur sélective par rapport à un croisement à plus grande échelle qui touche une classe d'âge, et il est important d'en tenir compte. D'autres recherches sont réalisées afin de mieux comprendre ces conséquences sur la valeur sélective.

Conséquences écologiques potentielles liées au saumon de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne et à sa progéniture hybride

Il existe d'importantes preuves directes que même si on améliore le confinement, les évasions de poissons d'élevage sont inévitables, et que les populations sauvages peu abondantes seront les plus vulnérables aux impacts négatifs. La mesure de l'impact écologique des saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne fugitifs sera fonction de la fréquence des évasions, de l'échelle de l'évasion par rapport à la taille des populations sauvages indigènes, de la survie et de la dispersion des fugitifs ainsi que de leur capacité à s'établir dans le milieu sauvage. Ces facteurs varient tous selon le stade biologique lors de l'évasion, le niveau de domestication, la saison et l'endroit de l'évasion, de même que la présence de prédateurs et de compétiteurs.

Il est difficile de prévoir les impacts écologiques le long de la côte sud de Terre-Neuve en raison du manque de renseignements disponibles sur l'état des populations sauvages de saumon. Le COSEPAC (2010) a inscrit les populations de saumon de la côte sud comme étant « menacées » et une analyse subséquente laisse entendre que dans les conditions actuelles, d'autres déclins sont à prévoir (MPO 2013). Dans le milieu marin, le comportement des saumons de l'Atlantique fugitifs sera fonction de leur stade biologique et de la période de l'année pendant laquelle ils se sont échappés. Les études indiquent qu'au départ, les fugitifs n'ont pas tendance à capturer des proies sauvages, mais qu'ils deviennent capables de consommer ce type de proies dans un milieu marin. Les saumons de l'Atlantique fugitifs peuvent aussi s'éloigner du point de libération (sur des centaines de kilomètres ou plus). On comprend mal les effets liés à la densité et à la compétition dans le milieu marin.

D'après des renseignements dérivés de recherches en laboratoire ainsi que d'études sur le terrain et en milieu semi-naturel, ce sont les saumons de l'Atlantique juvéniles fugitifs qui sont le plus susceptibles d'avoir des impacts écologiques sur leurs congénères sauvages dans les milieux d'eau douce. Les saumons de l'Atlantique juvéniles domestiqués utilisent des ressources similaires, sont de féroces compétiteurs, croissent plus rapidement, sont plus tolérants aux risques et sont plus agressifs que les juvéniles sauvages. En conséquence, les saumons de l'Atlantique juvéniles d'élevage et les hybrides affichent un taux de survie comparable à celui de leurs congénères sauvages. Même si les saumons de l'Atlantique juvéniles fugitifs entreront en compétition avec les saumons sauvages juvéniles, ce risque peut être atténué au moyen des pratiques d'élevage actuelles à Terre-Neuve-et-Labrador, où les stades de vie en eau douce se passent dans des écloseries en système d'aquaculture en recirculation (SAR) en parc clos. À l'opposé, les saumons de l'Atlantique d'élevage adultes affichent un comportement de frai moins compétitif et un taux de succès reproducteur invariablement plus faible que les poissons sauvages.

Les renseignements actuellement disponibles laissent entendre que les saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne fugitifs présenteront trois principaux mécanismes engendrant des effets écologiques, qui sont atténués dans une certaine mesure par la capacité de ces poissons à frayer avec succès avec les saumons sauvages. Tout d'abord, l'introgression génétique changera presque assurément les caractéristiques adaptatives associées à la résistance aux maladies, au cycle biologique et à la capacité des populations sauvages à s'adapter aux changements. Dans de mauvaises conditions de rétablissement, comme un faible nombre de poissons sauvages ou des évasions à répétition, ces changements peuvent persister. Ensuite, en supposant que les évasions en eau douce sont limitées par les

écloseries à terre en SAR en parc clos, les interactions de compétition entre les saumons de l'Atlantique juvéniles d'élevage d'origine européenne et les poissons sauvages auront surtout lieu à cause de la présence d'hybrides. Une sélection volontaire (p. ex., croissance) et involontaire (p. ex., agressivité) pourrait donner un avantage concurrentiel aux saumons de l'Atlantique juvéniles d'origine européenne par rapport aux juvéniles sauvages dans les milieux d'eau douce. Enfin, il pourrait y avoir une interférence sur le plan de la reproduction en cas d'échec du frai (p. ex., hybridation non réussie, dommages aux rouges), et la réussite de l'hybridation accroît d'autres types d'interférence en empêchant les poissons sauvages de frayer avec succès avec leurs congénères sauvages, et donc en supprimant des gamètes des populations de poissons sauvages.

Comment les mesures d'atténuation peuvent-elles être utilisées pour prévenir ou réduire la probabilité que des saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne s'échappent?

Les évasions à partir d'installations aquacoles peuvent être définies au sens large comme étant des pertes chroniques de petits nombres de poissons, à savoir des pertes continues ou périodiques durant le cycle de croissance, ou des pertes aiguës, qui impliquent un nombre important d'évasions en relativement peu de temps. Bien qu'il soit difficile d'évaluer la portée des évasions de saumons de l'Atlantique d'élevage à l'échelle mondiale, on s'attend à ce que les statistiques officielles qui sont disponibles sous-estiment le nombre total d'évasions, parce que les pertes chroniques ou l'évasion de petits nombres de poissons passent inaperçues, ne sont pas signalées, ou n'ont pas besoin d'être signalées. De plus, les techniques utilisées pour évaluer le nombre de poissons dans une cage en filet sont associées à un certain niveau d'erreur. Il est impossible de vérifier le nombre exact de poissons dans un stock avant leur récolte. Les écarts dans les dénombrements entre la mise en bassin et la récolte comprendront aussi les pertes découlant des morts non détectées durant la croissance.

D'après les statistiques officielles de la Norvège et de la Nouvelle-Écosse, les causes des évasions de saumons de l'Atlantique peuvent être classées comme étant des défaillances structurelles des cages en filet et des éléments du système d'amarrage, des défaillances opérationnelles liées aux pratiques de manipulation du poisson et de gestion des exploitations, et des défaillances biologiques surtout associées aux attaques de prédateurs. Dans le milieu marin, la majorité des évasions de saumons de l'Atlantique sont liées à une défaillance structurelle, elle-même attribuable à l'action des vagues et du courant sur l'infrastructure de l'exploitation.

En plus des pratiques et des codes actuels en matière de confinement mis en œuvre par l'industrie aquacole, dans certaines régions (c.-à-d., Norvège), d'autres mesures d'atténuation visant à diminuer la portée des évasions de saumons de l'Atlantique d'élevage comprenaient l'élaboration de normes techniques établissant des exigences liées aux relevés des sites, à la conception et à l'homologation de l'équipement, ainsi qu'aux cotations et aux installations. Les activités opérationnelles comprennent la détection des redondances en matière de structure et d'installation, des procédures opérationnelles pour détecter rapidement les défaillances de l'équipement, la bonne tenue des dossiers et la formation du personnel pour assurer une utilisation appropriée de l'équipement et des navires, des procédures opérationnelles normalisées, de même que des plans d'analyse des risques et des points critiques (HACCP). Bien que le nombre de saumons de l'Atlantique fugitifs ait diminué en Norvège au cours de la

dernière décennie, la proportion de fugitifs dans les cours d'eau par rapport aux saumons de l'Atlantique sauvages en montaison est demeurée relativement constante (Norwegian Institute for Nature Research 2011). La proportion de saumons de l'Atlantique fugitifs dans les cours d'eau par rapport aux saumons de l'Atlantique en montaison a une incidence sur l'ampleur des conséquences génétiques et écologiques potentielles sur les populations de saumons de l'Atlantique sauvages.

Mesures de bioconfinement pour atténuer les interactions potentielles après évasion entre des saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne et des saumons sauvages à Terre-Neuve

Une manière efficace de réduire ou d'atténuer les interactions potentielles après évasion entre les saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne et les saumons de l'Atlantique sauvages indigènes à Terre-Neuve consiste à s'assurer que les poissons d'élevage ne peuvent pas se reproduire. Même si cette méthode n'élimine pas les risques écologiques, elle assure au moins que les impacts écologiques seront limités à la durée de vie des fugitifs. L'utilisation de poissons stériles élimine le risque d'introgression génétique par les fugitifs dans la structure de la population indigène.

La triploïdation est actuellement la seule méthode disponible pour rendre stériles de grandes populations de saumons de l'Atlantique d'élevage, et de nombreuses recherches ont été menées sur la biologie fondamentale et les caractéristiques d'élevage des saumons triploïdes. Il est peu probable que l'on atteigne un taux de triploïdation de 100 % par l'utilisation des méthodes normalisées actuelles. Toutefois, en acquérant de l'expérience et en respectant les pratiques d'élevage et les procédures opérationnelles normalisées appropriées, il serait possible d'atteindre régulièrement un taux de succès de triploïdation de > 98 %. En utilisant des populations composées uniquement de femelles triploïdes, on s'assurerait d'éliminer pratiquement toute la production de gamètes. Il faut éviter les populations comprenant des individus des deux sexes, car les mâles triploïdes peuvent afficher un comportement reproducteur normal et produire une laitance diluée contenant du sperme aneuploïde. Si ces mâles frayaient dans un milieu sauvage, ils engendreraient une progéniture aneuploïde, qui généralement survit aux premiers stades de développement, mais meurt avant d'atteindre le stade d'alevin. Même si cela empêche l'introgression génétique, tous les œufs sauvages fécondés par des mâles triploïdes seraient perdus pour la population sauvage. Il est facile de créer des populations composées exclusivement de femelles, qu'elles soient diploïdes ou triploïdes.

D'après l'information actuellement disponible, il semble que l'utilisation de saumons de l'Atlantique triploïdes n'aurait aucun impact sur le taux d'évasion à partir des installations piscicoles, mais elle pourrait réduire la survie et la dispersion des fugitifs dans leur nouvel habitat. Les saumons de l'Atlantique triploïdes ont moins de chance de survivre dans des habitats qui sont relativement chauds ou qui affichent un faible taux d'oxygène dissous. Certains éléments indiquent que les saumons de l'Atlantique triploïdes sont moins résistants aux agents pathogènes et aux parasites, ce qui limite davantage leur survie dans la nature, mais accroîtrait le risque qu'ils deviennent de véritables réservoirs et transmettent des maladies aux populations de saumons sauvages. Les saumons de l'Atlantique triploïdes sont susceptibles d'être de forts compétiteurs pour les saumons diploïdes sauvages en ce qui

concerne la nourriture et l'espace, mais si les populations d'élevage ne sont constituées que de femelles, elles devraient migrer beaucoup moins que les mâles vers l'eau douce si elles s'échappent de sites aquacoles marins.

Aucun effet dramatique de la triploïdie sur les caractéristiques des saumons de l'Atlantique liées à la production aquacole n'a été documenté, à l'exception de leur stérilité. Les rapports faisant état d'un rendement réduit reflètent peut-être des conditions d'élevage non optimales ou la nécessité d'employer différentes souches de poisson. Malgré toutes les recherches ayant évalué les saumons de l'Atlantique triploïdes dans le Canada atlantique, on ne dispose d'aucune information sur la façon dont les poissons triploïdes provenant des souches de poissons diploïdes les plus performantes peuvent être comparés à leurs congénères diploïdes. Des recherches supplémentaires seraient nécessaires afin d'évaluer le rendement des saumons de l'Atlantique triploïdes provenant des souches de production les plus performantes, élaborer des programmes de reproduction visant particulièrement à accroître le rendement des poissons triploïdes et de définir les conditions optimales d'élevage pour ces poissons.

Sources d'incertitude

- On ne connaît pas l'étendue complète de la structure de la population adaptative qui structure les populations de saumons sauvages, anadromes et non anadromes, sur la côte sud de Terre-Neuve.
- L'une des principales sources d'incertitude réside dans l'ampleur de la divergence génétique entre les souches de saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne et les souches de saumons de l'Atlantique sauvages de Terre-Neuve. On ignore quelles sont les différences génomiques spécifiques au sein des populations de saumons de l'Atlantique européennes et des populations nord-américaines. En outre, il y a une lacune au niveau des études portant sur l'hybridation entre les souches de saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne et les populations sauvages de Terre-Neuve.
- Il existe peu de renseignements sur la réponse potentielle des souches de saumons d'élevage d'origine européenne aux agents pathogènes et aux parasites endémiques. Les connaissances sont également limitées par rapport à la résistance et à la susceptibilité des populations sauvages de Terre-Neuve face aux agents pathogènes et aux parasites endémiques et à leur capacité à réagir à tout changement dans les voies d'exposition.
- Il existe peu de renseignements sur les différences phénotypiques dans le comportement reproducteur des saumons de l'Atlantique fugitifs et de leur progéniture sauvage et des hybrides de poissons sauvages et d'élevage, par rapport aux populations sauvages.
- On connaît mal les différences au niveau de la valeur sélective parmi les poissons d'élevage, les poissons sauvages et les hybrides sauvages, la portée des interactions de compétition entre les poissons d'élevage et sauvages dans la nature, leur effet sur la survie des poissons sauvages, et l'impact de l'effectif de la population locale sur les résultats des interactions.
- Les renseignements sur la nature des défaillances structurelles des cages marines sont imprécis. Bien que plusieurs différentes modélisations aient été réalisées relativement à la structure des cages en filet, peu d'entre elles ont été validées sur le terrain.

- La surveillance spatiotemporelle des populations sauvages de la côte sud de Terre-Neuve est limitée, et la fréquence ainsi que l'ampleur des saumons de l'Atlantique fugitifs dans ces populations demeurent inconnues en ce qui concerne les milieux d'eau douce et marins.
- On ne connaît pas les effets cumulatifs des évasions chroniques à petite échelle, et il est compliqué de les évaluer parce qu'elles sont difficiles à déceler et à surveiller à un site donné.
- Il est difficile de mesurer les conséquences sur la valeur sélective des populations naturelles de saumon de l'Atlantique découlant de croisements avec de petits nombres plus ou moins constants de saumons de l'Atlantique fugitifs année après année (évasions chroniques), ou d'un nombre plus ou moins important (évasion aiguë) en une seule année après une évasion, et cet aspect a fait l'objet de récents travaux de modélisation. La recherche en modélisation indique que pour le même nombre total d'évasions sur une période donnée, les évasions chroniques, qui touchent plus d'une génération, peuvent avoir des conséquences plus importantes sur le succès reproducteur que les évasions aiguës. Toutefois, il existe une certaine incertitude, et les hypothèses sont fondées sur ces modèles. Les effets cumulatifs des évasions constantes à petite échelle ne doivent pas être ignorés, même si l'étendue des évasions est inférieure au seuil qui peut être détecté avec certitude lors de la surveillance régulière des stocks.
- Il y a une incertitude en ce qui concerne le devenir des poissons d'élevage fugitifs dans les milieux d'eau douce et marins, y compris les modes de dispersion après l'évasion, la survie, l'alimentation, les déplacements vers les rivières à saumon et le taux de succès d'atteinte de la maturité.
- Il existe une incertitude concernant la résistance aux maladies des saumons triploïdes ainsi que leur rendement dans un contexte d'aquaculture.

CONCLUSIONS ET AVIS

1. Il est très probable que les saumons de l'Atlantique fertiles d'origine européenne s'étant échappés réussissent à se reproduire avec les populations de saumons indigènes de Terre-Neuve, et que leur progéniture ait une capacité réduite à survivre. Ce risque est élevé pour les populations de saumon déclinantes ou de faible taille, comme celles présentes sur la côte sud de Terre-Neuve et qui ont récemment été désignées comme étant « menacées » (COSEPAC 2010).

2. Il y a un risque d'importantes conséquences génétiques et phénotypiques (effets génétiques directs) si des saumons de l'Atlantique d'origine européenne fugitifs frayaient souvent ou à grande échelle avec les populations de saumons sauvages, ce qui entraînerait vraisemblablement une réduction de la diversité génétique parmi les populations et une diminution de la valeur sélective au sein des populations, y compris la perturbation possible des caractéristiques adaptatives. Il pourrait aussi y avoir des effets génétiques indirects, comme la résistance réduite aux agents pathogènes et aux parasites indigènes, et la vulnérabilité accrue aux nouveaux agents pathogènes. Il faudrait mener d'autres études afin de mieux comprendre toute l'étendue des effets génétiques indirects. Il n'est pas nécessaire que des saumons s'échappent des cages en filet pour qu'ils causent les effets indirects susmentionnés.

3. Les saumons de l'Atlantique d'origine européenne fugitifs ou leur progéniture peuvent poser des risques écologiques aux populations indigènes de saumons de l'Atlantique, surtout dans les habitats d'eau douce. Il peut y avoir une compétition aux lieux de frai entre les fugitifs adultes d'origine européenne et les saumons de l'Atlantique indigènes adultes. Il pourrait y avoir une compétition entre les saumons de l'Atlantique indigènes juvéniles et ceux provenant de souches d'élevage dans les milieux d'eau douce en raison des contraintes en matière d'espace et des caractéristiques des souches d'élevage, comme la croissance plus rapide, la grande taille selon l'âge et le comportement agressif. Les effets écologiques devraient être moins prononcés dans le milieu marin, puisqu'il est peu probable que la compétition soit importante.

4. Les bonnes pratiques de gestion, utilisées conjointement avec un équipement de confinement physique approprié et conçu pour résister aux conditions propres au site, peuvent réduire la probabilité d'évasion des saumons de l'Atlantique d'origine européenne élevés en cages marines, mais ces pratiques ne pourront jamais éliminer cette menace complètement. Les programmes de confinement ayant le plus grand succès pour réduire le nombre d'évasions du confinement physique comprennent des normes sur l'équipement particulier à utiliser pour les structures et l'ancrage des cages selon les conditions propres aux sites, et des protocoles de pratiques exemplaires d'élevage du poisson (c.-à-d., stockage, alimentation, tri par tailles, récolte) de même que des formations, de la surveillance, des vérifications et le signalement des pertes en temps opportun.

   Même si les mesures d'atténuation peuvent réduire le nombre de fugitifs entrant dans le milieu marin, la triploïdie des femelles constitue la seule technologie de bioconfinement actuellement disponible dans le contexte de l'aquaculture commerciale et qui peut réduire la probabilité d'effets génétiques directs entre les fugitifs et les populations indigènes. Les populations composées uniquement de femelles triploïdes stériles affichent un plus faible taux de migration vers l'eau douce par rapport aux fugitifs diploïdes, ce qui réduit donc la proportion de fugitifs adultes retournant aux cours d'eau servant au frai ainsi que l'étendue potentielle de l'interférence dans la reproduction. Cependant, même si les saumons de l'Atlantique triploïdes affichent un bon rendement en élevage, il faut faire d'autres comparaisons avec des saumons diploïdes afin d'évaluer le rendement en milieu marin, la résistance aux agents pathogènes, la transmission des maladies, les effets écologiques, les coûts associés à la surveillance ainsi que les techniques d'élevage afin d'optimiser leur rendement à des fins d'utilisation dans un contexte d'aquaculture.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion de consultation du 26 au 28 mars 2013 portant sur les effets potentiels entourant l'importation du saumon de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne sur les populations et les habitats de saumon de l'Atlantique à Terre-Neuve. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

COSEPAC. 2010. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Saumon atlantique *Salmo salar* (Population du Nunavik, Population du Labrador, Population du nord-est de Terre-Neuve, Population du sud de Terre-Neuve, Population du sud-ouest de Terre-Neuve, Population du nord-ouest de Terre-Neuve, Population de l'est de la Côte-Nord du Québec, Population de l'ouest de la Côte-Nord du Québec, Population de l'île d'Anticosti, Population de l'intérieur du Sait-Laurent, Population du lac Ontario, Population de la Gaspésie-sud du golfe Saint-Laurent, Population de l'est du Cap-Breton, Population des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse, Population de l'intérieur de la baie de Fundy, Population de l'extérieur de la baie de Fundy) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xlix + 162 p.

MPO. 2013. Évaluation du potentiel de rétablissement (EPR) de l'unité désignable du saumon de l'Atlantique du sud de Terre-Neuve (*Salmo salar*). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/007.

Norwegian Institute for Nature Research. 2011. Status for norske laksebestander i 2011. (Editors – E. B. Thorstad & T. Forseth). Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 3, 285 s. ISBN : 978-82-93038-05-4.

ANNEXE I : GLOSSAIRE

Aneuploïde : Une aneuploïde est un organisme individuel, dont le nombre de chromosome diffère de la souche sauvage par une partie d'un ensemble de chromosomes.

Bioconfinement : Cette technique sert à empêcher des organismes, ou leurs gènes, de se disperser dans l'environnement.

Conspécifique : Des individus faisant partie de la même espèce linnéenne désignée; comme les désignations des espèces sont des hypothèses de travail, les désignations sont sujettes à changement si les connaissances biologiques changent et que les désignations des espèces sont réexaminées.

Espèce : Un ensemble d'une ou plusieurs populations, qui partagent visiblement un ensemble particulier de caractéristiques biologiques et la capacité inhérente de produire une progéniture viable et fertile, qui sont jugées distinctes des autres populations, et qui se voient attribuer un nom binominal commun et unique en latin, par exemple *Salmo salar*.

Génome : La somme de tout l'ADN contenu dans la cellule d'un organisme et qui est héritée de ses parents, puis transmise à sa progéniture.

Hybridation : Le croisement entre des individus de deux populations distinctes sur le plan de l'évolution, et qui peuvent faire partie ou non de la même espèce linnéenne désignée.

Interactions entre le génotype et l'environnement : Les interactions entre le génome et l'environnement qui caractérisent le développement d'un organisme et déterminent son caractère (phénotype) ainsi que sa valeur sélective, y compris sa capacité à produire une progéniture viable.

Introgression : L'infiltration de gènes d'une espèce dans le bassin génétique d'une autre espèce au moyen de rétrocroisements répétés d'un hybride interspécifique avec l'un de ses parents.

Phénotype : La manifestation biologique de l'interaction entre un génome et l'environnement, que ce soit pour toutes les caractéristiques ou une caractéristique en particulier (p. ex., phénotype de la croissance).

Population : Un groupe d'individus et leur progéniture avec lesquels ils se reproduisent, et où il arrive rarement, voire jamais qu'ils se reproduisent avec d'autres groupes semblables; autres termes : population génétique, dème; à ne pas confondre avec l'utilisation du terme dans un contexte démographique ou statistique; voir une discussion de Waples et Gaggiotti (2006) sur les différentes utilisations du terme « population » dans un contexte biologique.

Saumon : *Salmo salar* L.; bien que ce terme fasse généralement référence au saumon du Pacifique, ici, cet usage est exclu.

Stock : Un groupe arbitraire d'individus défini, généralement à des fins de gestion, en fonction de quelques caractéristiques, comme le fait de se trouver ensemble à un emplacement donné (p. ex., une rivière ou une zone marine) ou une caractéristique biologique (p. ex., âge à la maturité, période du retour en milieu d'eau douce); un tel groupe ne correspondra généralement pas à une population génétique, mais plutôt à une partie d'une population génétique, ou elle englobera, en tout ou en partie, un certain nombre de populations génétiques.

Souche : Une lignée reproductrice isolée chez des animaux que l'on a continué de cultiver pendant au moins deux générations, qui est sujette à la domestication et qui peut être sélectionnée artificiellement pour des caractéristiques particulières.

Triploïde : Un organisme possédant trois ensembles complets de chromosomes homologues dans son génome nucléaire (contrairement aux organismes diploïdes, plus couramment observé, qui possèdent deux ensembles).

Valeur sélective: Une mesure de la capacité d'un individu à contribuer aux générations futures.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région de la capitale nationale
Pêches et Océans Canada
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

Téléphone : (613) 990-0293
Courriel : csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2013

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2013. Effets potentiels entourant l'importation de saumons de l'Atlantique d'élevage d'origine européenne sur les populations et les habitats du saumon de l'Atlantique à Terre-Neuve. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2013/050.

Also available in English :

DFO. 2013. Potential Effects Surrounding the Importation of European-Origin Cultured Atlantic Salmon to Atlantic Salmon Populations and Habitats in Newfoundland. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2013/050.